Die Kälterückfälle im Mai und Juni.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät der

Georg-Augusts-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Karl Almstedt

aus Braunschweig.

Göttingen 1913.

Angenommen
von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung.

Tag der mündlichen Prüfung: 12. November 1913.

Referent: Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Wiechert.

Meinen lieben Eltern.

Einleitung und Literaturübersicht.

Der jährliche Gang der Lufttemperatur, wie wir ihn durch Tagesmittel zur Darstellung bringen können, zeigt keinen gleichmäßigen Verlauf. Man findet in der Jahreskurve der mittleren Tagestemperaturen viele Zacken und Einbuchtungen, die bewirkt werden von relativ zu warmen und zu kalten Perioden.

Einige dieser Störungen treten so regelmäßig auf oder sind von so auffallenden Nebenumständen begleitet, daß sie der Volksmund mit besonderen Namen belegt hat. Als solche kritischen Tage sind im Volke am meisten gefürchtet der 11., 12. und 13. Mai, die drei „Eisheiligen".

Der Kälterückfall im Juni ist bekannt als „Schafkälte", da die erst kurz vorher geschorenen Schafe während dieser kälteren Periode frieren. Als Gegenstück zu diesen Kälterückfällen läßt sich eine zu warme Periode Ende September anführen, der beliebte „Alteweibersommer". Eine ausführliche Zusammenstellung solcher zu warmen und zu kalten Perioden findet sich in einem Aufsatz von Meißner[1]).

Die folgende Untersuchung befaßt sich mit den Kälterückfällen im Frühling und Sommer und behandelt speziell die Frage der Eisheiligen und die Junikälte.

Eine Übersicht über die ältere Literatur zum Problem der Maikälte gibt bereits Dr. Hennig[2]) in einem Aufsatz über „die kalten Tage des Mai", weshalb ich mich hier mit einigen Andeutungen begnügen kann. Diese älteren Arbeiten stammen von Dove, Bezold, Köppen, Assmann, Krankenhagen u. a. und enthalten in der Hauptsache die folgenden zwei Fragestellungen:

1. Findet im Mai ein Kälterückfall statt, und hat speziell der Volksglaube an die drei Eisheiligen Berechtigung?

2. Welches sind die Ursachen der Maikälte?

Von besonderem Interesse für die noch folgende Untersuchung ist eine Bezoldsche Arbeit[3]), die eine Lösung der zweiten Frage

---

[1]) Meißner, Kalte und warme Perioden. Wetter 1912.

[2]) Dr. Hennig, Die kalten Tage des Mai. Wetter 1898.

[3]) W. v. Bezold, Die Kälterückfälle im Mai. Abhandl. d. bayer. Akad. d. W. 1883, II. Kl.

anstrebt. Hier wird zuerst versucht, diese Störung im normalen Temperaturanstieg durch besonders starke lokale Erwärmung des Festlandes zu erklären, und zwar kommt nach v. Bezold die positive Temperaturanomalie über der ungarischen Tiefebene, die gerade in der dritten Maipentade ein Maximum zeigt, als Ursache der Maikälte in Betracht. Es sollte sich deswegen über Ungarn und dem Balkan eine Depression ausbilden, die aspirierend auf die kühle Luft über den nördlichen Meeren wirken würde. Diese Ansicht ließ sich nicht aufrecht erhalten, da nach Arbeiten von Hegifoky und Rona[1]) sich in der fraglichen Zeit kein Tiefdruckgebiet über der ungarischen Tiefebene einstellte und sich dort zwar eine schwache positive Temperaturanomalie bestätigte, aber auch in vielen Jahren starke Kälterückfälle eintraten.

Daß die Eisheiligen wirklich ihren schlechten Ruf verdienen, wird durch eine andere Bezoldsche Arbeit[2]) sehr wahrscheinlich gemacht. v. Bezold bildet auf Grund eines 17 jährigen Beobachtungsmaterials die Summe der Frosttage für die fünf Triaden vom 2. bis 16. Mai, geordnet nach Schwellenwerten der Temperaturminima. Berücksichtigt er dann die normale Abnahme der Frosttage im Laufe des Monats wegen der fortschreitenden Erwärmung, so erhält er ein Maximum der Frostgefahr gerade am 11. bis 13. Mai.

So bestechend diese kleine Rechnung auch ist, so leidet sie, wie überhaupt alle diese älteren Arbeiten, doch unter einem Mangel: der zugrunde liegende Zeitraum ist zu kurz. Eine spätere Untersuchung von Kremser[3]) ergibt, daß die Eismänner bei fünfzigjährigen Beobachtungsreihen kaum noch hervortreten. Es gibt allerdings Serien von Jahren, die in der zweiten und dritten Maipentade einen Kälterückfall ergeben, während derselbe dann längere Zeit hindurch wieder ausbleibt.

Daß jedenfalls der Eintritt dieses Kälterückfalls im Mai, falls man einen solchen auf Grund der bisher erwähnten Arbeiten anerkennen will, großen Schwankungen unterworfen ist, betont bereits Hennig in der oben erwähnten Arbeit. Hennig beschäftigt sich auch mit der Frage nach den Ursachen und erkennt nach einer

---

[1]) S. Rona, Das Klima von Ungarn. Meteorol. Zeitschr. 1911.

[2]) W. v. Bezold, Bemerk. zu Müttrich, „Über Spät- und Frühfröste“. Meteorol. Zeitschr. 1899.

[3]) Kremser, Beiträge zur Frage der Kälterückfälle im Mai. Meteorol. Zeitschr. 1900.

Einzeluntersuchung der 20 Jahre 1879 bis 1898 an Hand der Wetterberichte der Seewarte als charakteristisch für den Eintritt des Kälterückfalls das Auftauchen eines Hochdruckgebietes über den westlichen und nordwestlichen Meeren. Ausgelöst wird die Erscheinung durch meist nördlich vorüberziehende Tiefdruckgebiete, die durch ihre Rückseitenströmung kalte Luft von den nördlichen Meeren bis über Zentraleuropa herunterschaffen.

Einen weiteren interessanten Beitrag zur Frage der Eisheiligen gibt Hergesell[1]) gelegentlich bei der Bearbeitung der internationalen Ballonaufstiege am 13. Mai 1897. Es werden auf Grund des Beobachtungsmaterials Isothermen und Isobaren für verschiedene Höhen (bis 10000 m) entworfen. Am Boden zeigen die Isobaren meridionalen Verlauf. Ein Hoch liegt im Westen und ein schwaches Tief über Mitteleuropa, also eine typische Wetterlage für einen Kälterückfall in den westlichen Gebieten, dagegen bewirkt ein südlicher Luftstrom im Osten über Rußland abnorm hohe Temperaturen. In der Höhe verschärfen sich diese Gegensätze noch und die Isobaren in 5000 m Höhe lassen eine stark entwickelte mächtige Cyklone mit hohen Gradienten und kaltem Zentrum über Mitteleuropa erkennen, im Westen haben wir den Kälte bringenden polaren, über Rußland den warmen äquatoralen Luftstrom. Hergesell spricht die Vermutung aus, daß man es hier vielleicht mit dem Ferrelschen Polarwirbel zu tun habe.

Eine neuere Arbeit von Gautier und Duaime aus dem Jahre 1903 bringt keine wesentlich neuen Gesichtspunkte und Resultate, und es mag daher auf das Referat von J. v. Hann[2]) verwiesen werden. Als die letzten Veröffentlichungen über die Temperaturdepressionen im Mai sind mir zwei Arbeiten von Friesenhof[3]) und von Thraen[4]) bekannt. Letzterer stützt sich bei seiner Behandlung der Eismännerfrage auf eine Niederschlagsstatistik. Beide Untersuchungen beschränken sich leider nur auf den einen Monat, so daß kein Vergleich mit ähnlichen Erscheinungen in anderen Monaten möglich ist, wodurch allein man die wahre Bedeutung der erhaltenen Resultate beurteilen könnte.

---

[1]) Hergesell, Ergebnisse der internationalen Ballonfahrt. Meteorol. Zeitschr. 1900, I. Heft.

[2]) J. v. Hann, Referat über Gautier u. Duaime, „Über Eismänner". Meteorol. Zeitschr. 1903.

[3]) Friesenhof, Meteorol. Zeitschr. 1904.

[4]) Thraen, Meteorol. Zeitschr. 1913.

Die Literatur zum Kälterückfall im Juni ist bei weitem nicht so umfangreich. An älteren Arbeiten liegen vor solche von Krankenhagen[1]) und Hellmann[2]). Hellmann möchte ich deshalb erwähnen, weil er darauf hinweist, daß bereits der Kälterückfall im Juni als Beginn unserer Sommerregenzeit anzusehen ist[3]).

Schöne Resultate gibt eine Arbeit von Marten[4]), die 1902 als Doktor-Dissertation in Berlin erschienen ist. Von dem Inhalt mag hier das Wichtigste angeführt werden.

Marten weist zunächst an Hand vieljähriger Temperaturmittel für eine ganze Reihe europäischer Stationen nochmals die wirkliche Existenz des Kälterückfalls in der zweiten Junidekade nach und gibt seine Ausdehnung an.

Einzeluntersuchung der Wetterlage im Juni an Hand der täglichen Wetterberichte für die Jahre 1881 bis 1899 läßt eine charakteristische Druckverteilung, ein Hochdruckgebiet über den westlichen Meeren, vermuten, was sich bestätigen läßt aus Isobarenkarten für die sechs Pentaden des Juni, die auf Grund eines zehnjährigen Beobachtungsmaterials (1884 bis 1893) entworfen werden. Die Kälterückfälle sind also Folge einer bestimmten Druckverteilung, die ich kurz skizziere:

Rußland und Finnland haben den ganzen Juni über Tiefdruck, und von der ersten zur vierten Pentade erfolgt ein starker Druckanstieg im Westen. Ein Hochdruckgebiet rückt aus dem Südwesten bis nach den britischen Inseln vor und bewirkt im Verein mit dem kontinentalen Tief nordwestliche Winde und damit den Kälterückfall.

Weitere Literatur über diese Kälterückfälle im Mai und Juni ist mir nicht bekannt. Zusammenfassend kann man nach den Ergebnissen dieser Arbeiten etwa sagen:

Kälterückfälle haben wir zu erwarten im Mai und im Juni, dabei sind die letzteren die bedeutendere Erscheinung, die sich deutlich im Temperaturgang Zentraleuropas bemerkbar macht, während

---

[1]) Krankenhagen, Verteilung des Luftdrucks über Mitteleuropa im Juni. Deutsche Meteorol. Zeitschr. 1884.

[2]) Hellmann, Über Sommerregenzeiten Deutschlands. Öst. Meteorol. Zeitschr. 1877.

[3]) Vgl. auch Hellmann, Schwankungen der Niederschläge. Veröffentl. d. preuß. Meteorol. Inst., Nr. 207; siehe auch Hellmann, Die Niederschläge in den deutschen Flußgebieten.

[4]) Marten, Über die Kälterückfälle im Juni. Abhandl. d. preuß. Meteorol. Inst., Bd. II, Nr. 3.

der Eintritt der Maikälte großen Schwankungen unterworfen ist. Ob speziell den Eisheiligen am 11., 12. und 13. Mai eine besondere Neigung zu Kälterückfällen zukommt, bleibt offen und sehr fraglich. Sowohl zu den Kälterückfällen im Mai als auch zu denen im Juni gehört eine charakteristische Druckverteilung, wobei beide Male die Hauptrolle ein Hoch im Westen und Nordwesten spielt, das zusammen mit geeignet liegenden Depressionen durch nordwestliche und nördliche Luftströmungen den Kälterückfall herbeiführt. Die Frage nach den eigentlichen Ursachen, mit der sich die Bezoldsche Arbeit bereits beschäftigte, tritt bei den späteren Abhandlungen als zu schwierig wieder in den Hintergrund, und es wird nur als Vermutung ausgesprochen, daß die verschieden starke Erwärmung von Land und Meer die Ursache der bereits erkannten charakteristischen Druckverteilung und damit der Kälterückfälle sei. Mit dieser Vermutung werde ich mich noch näher zu befassen haben und zeigen, wie weit sie sich stützen und zu einer Erklärung ausbauen läßt.

Beobachtungsmaterial.

Nach dem Vorhergehenden scheint ein bestimmter Zusammenhang zwischen Temperaturrückgängen und Luftdruckverteilung zu bestehen. Will man den wirklichen Ursachen der Kälterückfälle auf die Spur kommen, so ist aber doch ein noch klarerer Einblick in diese Abhängigkeit von Druck und Temperatur erforderlich. Einer hierzu von mir angestellten Untersuchung wurde ein 20jähriger Zeitraum, die Jahre 1887 bis 1906, zugrunde gelegt. Für die Wahl gerade dieses Zeitraumes war allein maßgebend, daß bis zum Jahre 1906 bereits alle in Frage kommenden meteorologischen Beobachtungen in den Annalen und Jahrbüchern veröffentlicht sind. Die Bearbeitung eines längeren Zeitraumes verspricht meines Erachtens im Vergleich zu der mühseligen Mehrarbeit zu wenig weitere Vorteile, und außerdem hätte die Beschaffung des Beobachtungsmaterials Schwierigkeiten gehabt. Es schien mir zweckmäßig, die ganze Druck- und Temperaturuntersuchung auf ein und denselben Zeitraum zu beziehen.

Aus dem in den Jahrbüchern und Annalen der verschiedenen Länder vorliegenden Beobachtungsmaterial für diese zwei Jahrzehnte wurden die einzelnen Tagesmittel der Temperatur, und zwar

für die Monate März bis Juni für eine Reihe europäischer Stationen entnommen und aus diesen Werten dann 20jährige Mittel gebildet.

Wo Mittel in den Veröffentlichungen fehlten, wurden solche nach verschiedenen Formeln erst besonders abgeleitet. Da diese Temperaturen später nicht zu quantitativen Vergleichen gebraucht werden, konnte auf einheitliche Bildungsweise und Anbringung von Korrektionen und Reduktionen verzichtet werden. Wie sich zeigte, leistete ein Mittel aus $\frac{\text{Max.} + \text{Min.}}{2}$ in diesem Falle dieselben Dienste, wie solche aus 24 Stundenwerten.

Die dabei benutzten Stationen sind:

Station	Breite	Länge	Höhe Meter	Mittel aus
Arcachon	44° 39′	1° 33′ (w. Gr.)	10	$\frac{\text{Max.} + \text{Min.}}{2}$
St. Mathieu	48 20	4 47′ (w. Gr.)	35	$\frac{\text{Max.} + \text{Min.}}{2}$
Greenwich	51 28	0 —	50	24 Stundenwerten
Skudesnäs	59 9	5 16	5	$(8^h + 2^h + 8^h + \text{Min.})\,1/4$
Berlin	52 30	13 23	50	$(7^h + 2^h + 9^h)\,1/3$
Breslau	51 7	17 2	150	$(7^h + 2^h + 9^h)\,1/3$
Wien	48 15	16 21	205	24 Stundenwerten
Lemberg	49 50	24 2	300	$\frac{\text{Max.} + \text{Min.}}{2}$
Uman 1887—1902 } [1]) . .	48 45	30 13	220	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Ploti 1903—1906 } . .	47 57	29 10	145	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Koslow 1887 } [1]) . .	52 33	40 31	160	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Pensa 1888—1906 } . .	53 12	44 57	220	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Wologda	59 —	40 —	122	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Mesen	65 50	44 16	20	$(7 + 1 + 9)\,1/3$
Haparanda	65 50	24 10	10	$(8 + 2 + 9)\,1/3$
Helsingfors	60 10	24 57	15	24 Stundenwerten
Upsala	59 51	17 37	24	24 Stundenwerten

Aus den einzelnen Tagesmitteln wurden fortlaufend übereinandergreifende Pentadenmittel [2]) gebildet und damit die auf

[1]) Die zwei Beobachtungsreihen wurden einfach kombiniert ohne Reduktion und Korrektion.

[2]) Diese Pentadenwerte, deren Bildung ja nur eine Ausgleichung der unbedeutenden Schwankungen bezweckt, sollen im folgenden der kürzeren Bezeichnung wegen immer unter dem mittelsten Datum der betreffenden Pentade geführt werden, z. B. Mittel für die übereinandergreifenden Pentaden von 1—5, 2—6, 3—7 unter dem 3., 4., 5.

Tafel I und II beigegebenen Temperaturkurven gezeichnet. Für Berlin wurde diese Kurve für das ganze Jahr vervollständigt.

Zur Verfolgung der diesen Temperaturänderungen parallel gehenden Druckumlagerungen erwies sich die folgende Methode als ausreichend:

Aus den täglichen Wetterberichten der deutschen Seewarte für die Jahre 1887 bis 1906 wurden Häufigkeitszahlen für das Auftreten von Hoch- und Tiefdruckgebieten in jedem der acht

Tabelle I.

Tiefdrucküberschuß in den acht Oktanten.

Pentade		W	NW	N	NO	O	SO	S	SW
Januar	1.— 5.	21	23	15	4	– 16	– 7	32	– 13
	6.—10.	31	28	26	11	– 25	– 13	33	– 10
	11.—15.	8	19	27	8	– 13	– 2	37	– 16
	16.—20.	22	29	24	3	– 27	– 9	24	– 23
	21.—25.	– 14	31	46	21	– 5	– 20	21	– 32
	26.—30.	– 12	22	49	27	– 4	– 6	10	– 39
Febr.	31.— 4.	– 1	18	38	27	3	– 14	29	– 22
	5.— 9.	– 6	25	27	12	4	– 4	29	– 25
	10.—14.	7	22	17	23	2	0	20	– 33
	15.—19.	1	23	19	2	– 1	1	29	– 17
	20.—24.	11	14	31	8	– 19	– 3	42	– 12
	25.—29.	8	18	19	6	– 24	– 12	31	– 5
März	2.— 6.	– 10	30	25	8	– 9	15	29	– 28
	7.—11.	– 1	32	31	– 5	– 5	– 8	19	– 12
	12.—16.	19	27	25	4	– 26	– 1	26	– 11
	17.—21.	– 6	20	23	10	– 10	6	29	– 3
	22.—26.	5	30	14	19	– 7	– 2	35	– 11
	27.—31.	– 6	28	33	6	1	1	25	– 11
April	1.— 5.	– 13	17	24	13	0	12	25	– 14
	6.—10.	– 4	14	23	5	4	6	43	– 11
	11.—15.	13	17	14	– 6	7	11	29	– 4
	16.—20.	3	24	10	9	– 7	7	38	– 19
	21.—25.	5	10	16	10	– 9	15	36	– 1
	26.—30.	20	22	21	– 7	– 20	18	30	– 14
Mai	1.— 5.	21	5	10	4	– 22	15	31	– 23
	6.—10.	17	– 3	2	– 5	0	19	39	– 18
	11.—15.	– 18	15	19	10	11	12	37	– 2
	16.—20.	9	2	18	19	5	14	29	– 18
	21.—25.	3	– 1	14	– 3	6	16	34	– 2
	26.—30.	19	1	8	3	16	15	16	– 11

(Fortsetzung.)

Pentade		W	NW	N	NO	O	SO	S	SW
Juni	31.— 4.	27	8	−4	9	9	8	5	−12
	5.— 9.	−1	−14	9	5	22	34	21	−5
	10.—14.	−5	−6	13	32	23	18	24	−13
	15.—19.	3	14	13	20	26	23	20	−35
	20.—24.	14	15	10	13	32	18	17	−35
	25.—29.	12	0	15	27	33	11	6	−11
Juli	30.— 4.	12	23	27	15	30	4	8	−42
	5.— 9.	4	23	16	20	36	13	15	−44
	10.—14.	1	28	2	30	32	24	18	−28
	15.—19.	−1	27	17	14	21	7	9	−30
	20.—24.	18	17	35	28	4	4	−4	−40
	25.—29.	23	15	24	13	8	6	−1	−41
August	30.— 3.	−1	27	24	25	6	6	−2	38
	4.— 8.	23	23	26	35	6	9	11	−40
	9.—13.	22	23	23	35	14	6	4	−33
	14.—18.	13	23	20	35	6	2	−7	−33
	19.—23.	25	33	25	28	−2	−1	2	−34
	24.—28.	24	17	29	21	6	4	4	−24
Septbr.	29.— 2.	6	27	31	20	4	−2	−6	−30
	3.— 7.	6	31	24	25	−3	−8	−5	−17
	8.—12.	−15	19	30	20	7	−5	16	−10
	13.—17.	−11	23	19	4	10	8	33	−16
	18.—22.	7	13	32	5	−5	−10	11	−2
	23.—27.	7	18	27	17	−2	−17	26	−15
Oktbr.	28.— 2.	7	26	34	21	−26	−16	22	−1
	3.— 7.	13	26	19	28	−14	−21	20	−19
	8.—12.	9	24	26	14	−20	6	19	−14
	13.—17.	4	16	28	20	−18	1	24	−9
	18.—22.	2	10	10	18	−1	−1	24	0
	23.—27.	4	26	31	14	−1	−22	19	−5
	28.— 1.	12	37	28	20	−33	−22	18	−7
Novbr.	2.— 6.	20	22	19	12	−14	−32	26	3
	7.—11.	18	17	22	16	−17	−8	24	−13
	12.—16.	19	34	23	8	−8	−24	12	−8
	17.—21.	11	14	24	33	−20	−9	28	−17
	22.—26.	2	19	33	24	−8	−9	17	−14
	27.— 1.	10	20	35	41	−11	−8	38	−27
Dezbr.	2.— 6.	13	36	24	11	−15	−8	43	−30
	7.—11.	18	32	25	16	−14	−8	35	−26
	12.—16.	30	38	14	7	−17	−2	27	−35
	17.—21.	20	21	33	−1	−5	−10	9	−9
	22.—26.	20	32	24	10	−21	−13	25	−11
	27.—31.	18	30	13	7	−3	−18	36	−19

Oktanten zusammengestellt, dabei wurde z. B. gerechnet als Westoktant der Winkel mit dem Scheitel in Hamburg und den beiden Schenkelrichtungen WSW und WNW. Aus diesen Häufigkeitszahlen wurden zunächst wieder fortlaufend übereinandergreifende Pentadensummen (vgl. Anm. 2, S. 10) gebildet, sowohl für die Hochdruckgebiete: H, als auch für die Tiefs: T. Mit diesen Zahlen H und T wurden Tabellen des Tiefdrucküberschusses (T—H) für jeden Oktanten und jedes Datum berechnet. Tabelle I gibt diese Zahlen, aber nur für aufeinanderfolgende Pentaden und für das ganze Jahr.

Die zugehörigen Kurven auf Tafel III bringen das gesamte vorliegende Material zur Darstellung.

Um eine noch bessere Übersicht über Luftströmungen zu gewinnen, wurden aus diesen 8 Zahlreihen des Tiefdrucküberschusses (T—H) 4 neue Reihen gebildet, indem je der Tiefdrucküberschuß zweier gegenüberliegender Oktanten gegeneinander abgeglichen wurde, d. h. es werden folgende Differenzen gebildet:

$$\left.\begin{array}{l}(T-H)_{W} - (T-H)_{O} \\ (T-H)_{NW} - (T-H)_{SO} \\ (T-H)_{N} - (T-H)_{S} \\ (T-H)_{NO} - (T-H)_{SW}\end{array}\right\} \text{ in Tabelle II kurz bezeichnet als: } \left\{\begin{array}{c}W\text{–}O \\ NW\text{–}SO \\ N\text{–}S \\ NO\text{–}SW\end{array}\right.$$

(Siehe Tabelle a. d. folgenden Seite.)

Z. B. in der zum 1. März gehörigen Pentade (vgl. Anm. 2, S. 10) haben wir im Westen 8 Tiefdruckgebiete mehr als im Osten. Machen wir die Annahme, daß allen auftretenden Tief- und Hochdruckgebieten in bezug auf den durch sie bewirkten Lufttransport dasselbe Gewicht zukommt, und nehmen wir weiter an, daß die Luftzirkulation in den Druckgebieten parallel den Isobaren erfolgt, so können wir obiger Zahl (W–O) für den 1. März einen Vektor vom absoluten Betrage 8 Einheiten und der Richtung Nord—Süd zuordnen, der dann den Lufttransport in der fraglichen Pentade allein auf Grund des Gegensatzes West–Ost zur Anschauung bringt.

Dasselbe führen wir allgemein durch für alle 4 Zahlenreihen der Tabelle II und erhalten so für jedes Datum 4 Vektoren, die die den Druckgegensätzen W–O, NW–SO, N–S, NO–SW ent-

Tabelle II.

Differenzen: W–O, NW–SO, N–S, NO–SW.

Datum	März				April				Mai				Juni			
	W–O	NW–SO	N–S	NO–SW	W–O	NW–SO	N–S	NO–SW	W–O	NW–SO	N–S	NO–SW	W–O	NW–SO	N–S	NO–SW
1.	8	25	−14	28	−26	8	6	16	52	−1	−6	20	21	4	−7	18
3.	−4	19	−9	36	−13	5	−1	27	43	−10	−21	19	15	−3	−14	26
5.	1	19	−3	36	−1	9	−13	25	34	−11	−41	32	−14	−29	−26	26
7.	9	25	14	17	−6	4	−18	21	22	−17	−52	23	−23	−48	−12	10
9.	4	40	12	7	−3	10	−11	12	12	−23	−27	11	−30	−48	−1	13
11.	12	39	4	10	3	11	−20	8	−17	−19	−13	3	−24	−44	5	33
13.	30	34	2	9	6	6	−15	−2	−29	3	−18	12	−28	−18	−16	49
15.	40	24	−9	17	8	12	−22	10	−19	−1	−12	27	−39	−5	−20	49
17.	36	19	2	30	10	16	−25	19	0	−12	−3	32	−23	−9	−7	55
19.	4	14	−6	13	10	8	−27	28	5	−12	−10	28	−18	4	−12	45
21.	−2	27	−9	16	5	−1	−21	18	−8	−9	−21	6	−14	1	−12	49
23.	6	25	−18	20	14	−5	−20	11	−3	−17	−20	−1	−20	−8	−2	57
25.	15	34	−14	30	18	−4	−20	3	−9	−27	−22	9	−18	−12	1	56
27.	10	38	−4	22	38	5	−18	3	−9	−22	−14	22	−21	−11	9	38
29.	−7	27	8	17	47	1	−1	9	3	−14	−8	14	−22	8	11	44
31.	−23	10	1	21	—	—	—	—	23	−2	−1	14	—	—	—	—

sprechenden Luftströmungen darstellen, wobei die Vorzeichen der Tabellenwerte im obigen Sinne die Richtung der Vektoren bestimmen. Diese 4 Vektoren, die ich im folgenden kurz als Nord—Süd- bzw. Süd—Nord-Vektor usw. bezeichnen werde, wird man dann natürlich sofort vektoriell addieren. Der resultierende Vektor gibt dann also ein ungefähres Bild der in der betreffenden Pentade vorherrschenden Luftströmung im mittleren Teile des der Untersuchung zugrunde liegenden Gebietes, also speziell etwa für Hamburg.

Ist die Resultante etwa von Süd nach Nord gerichtet, so kann man daraus rückwärts schließen auf niedrigen Druck im SW, W, NW und höheren Druck im SO, O, NO; Tabelle III gibt den absoluten Betrag des resultierenden Strömungsvektors in einer willkürlichen Einheit und die Richtung, aus der der Lufttransport erfolgt, Tafel IV die zugehörigen Vektordiagramme für die Monate Mai und Juni.

Tabelle III.

Absoluter Betrag (B) und Richtung (R)[1]) der Strömungsvektoren.

Datum	Januar		Februar		März		April	
	B	R	B	R	B	R	B	R
1.	43	S 28° W	66	W 14° N	25	S 74° W	39	W 52° N
3.	50	S 19 W	64	W 26 N	34	W 29 N	37	W 50 N
5.	60	S 25 W	57	W 32 N	38	W 16 N	17	W 50 N
7.	71	S 32 W	47	W 19 N	46	S 70 W	17	W 86 N
9.	58	S 35 W	59	W 1 N	53	S 58 W	7	W 40 N
11.	39	S 41 W	60	W 21 N	51	S 48 W	8	O 41 S
13.	29	S 48 W	45	W 33 N	58	S 33 W	17	O 43 S
15.	47	S 28 W	25	W 31 N	50	S 23 W	12	O 63 S
17.	65	S 26 W	20	S 77 W	46	S 50 W	8	O 83 S
19.	74	S 55 W	39	S 71 W	14	S 68 W	5	N 25 O
21.	75	S 81 W	37	S 39 W	22	S 74 W	14	N 44 O
23.	99	W 6 N	46	S 6 W	18	S 53 W	16	O 5 S
25.	109	W 10 N	55	S 2 W	36	S 60 W	25	O 28 S
27.	114	W 12 N	50	S 20 W	45	S 60 W	42	O 70 S
29.	95	W 20 N	—	—	40	W 1 N	43	S 7 W
31.	79	W 11 N	—	—	39	W 53 N	—	—

[1]) R gibt die Richtung an, aus der der Lufttransport erfolgt.

(Fortsetzung.)

Datum	Mai		Juni		Juli		August	
	B	R	B	R	B	R	B	R
1.	37	S 10° W	14	S 38° W	76	W 35° N	92	W 22° N
3.	27	O 55 S	5	W 68 N	79	W 37 N	98	W 20 N
5.	26	O 9 S	60	N 28 O	78	W 37 N	98	W 16 N
7.	49	N 82 O	75	N 32 O	89	W 52 N	72	W 20 N
9.	38	N 70 O	79	N 19 O	88	W 54 N	73	W 20 N
11.	41	N 36 O	79	N 2 O	82	W 64 N	84	W 20 N
13.	36	N 11 O	78	W 86 N	62	W 73 N	103	W 20 N
15.	40	W 80 N	78	W 81 N	63	W 50 N	100	W 18 N
17.	34	W 69 N	72	W 70 N	66	W 36 N	76	W 13 N
19.	24	W 87 N	52	W 64 N	69	W 35 N	81	W 6 N
21.	30	N 50 O	52	W 64 N	92	W 15 N	101	S 86 W
23.	37	N 65 O	74	W 64 N	104	W 14 N	87	S 85 W
25.	50	N 45 O	74	W 63 N	91	W 5 N	76	S 89 W
27.	43	N 20 O	63	W 63 N	71	W 13 N	59	W 6 N
29.	19	N 27 O	67	W 45 N	67	W 21 N	71	W 10 N
31.	15	S 29 W	—	—	84	W 23 N	95	W 7 N

Datum	September		Oktober		November		Dezember	
	B	R	B	R	B	R	B	R
1.	97	W 5° N	70	S 50° W	77	S 46° W	50	W 14° N
3.	101	S 88 W	77	S 62 W	74	S 30 W	37	S 73 W
5.	86	S 85 W	70	S 68 W	77	S 35 W	53	S 35 W
7.	73	W 3 N	58	S 50 W	58	S 32 W	56	S 47 W
9.	58	W 25 N	45	S 57 W	49	S 47 W	56	S 58 W
11.	51	W 29 N	49	S 65 W	62	S 58 W	79	S 47 W
13.	54	W 53 N	42	S 61 W	84	S 47 W	75	S 40 W
15.	27	W 66 N	38	S 70 W	83	S 46 W	64	S 54 W
17.	11	S 50 W	18	S 78 W	67	S 59 W	72	S 69 W
19.	26	S 12 W	18	S 87 W	50	S 76 W	67	S 52 W
21.	14	S 18 W	22	S 84 W	72	S 89 W	62	S 34 W
23.	23	S 55 W	49	S 80 W	68	W 2 N	69	S 34 W
25.	51	S 76 W	65	S 67 W	64	S 84 W	77	S 45 W
27.	73	S 76 W	87	S 48 W	61	S 89 W	68	S 39 W
29.	86	S 60 W	101	S 49 W	65	W 7 N	47	S 39 W
31.	—	—	97	S 49 W	66	—	45	S 32 W

Diskussion des Beobachtungsmaterials.

Im folgenden will ich versuchen die Kälterückfälle in Zusammenhang zu bringen mit den Druckverhältnissen, wie sie uns in den Vektoren besonders leicht übersehbar vorliegen. Dabei werde ich von anderen meteorologischen Faktoren, wie Bewölkung, Ausstrahlung, Kondensation von Wasserdampf usw., die ja ebenfalls auf den Temperaturgang großen Einfluß haben, gänzlich absehen und allein den Lufttransport zur Erklärung der Störungen heranziehen. Es ist natürlich nicht beabsichtigt, alle in den 20 Temperaturkurven auftretenden Kälterückfälle zu diskutieren, das zur Verfügung stehende Material zeichnet schon von selbst die richtigen Grenzen vor. Ich werde mich im wesentlichen auf die Erscheinungen beschränken, die für Norddeutschland Bedeutung haben.

Kälte in Mitteleuropa kann im Winter aus Osten und Norden, im Sommer aus Nordwesten und Norden kommen. Die Temperaturkurve von Berlin läßt sowohl Mitte Januar als auch Mitte Februar zwei besonders kalte Perioden erkennen. Die Vektoren haben im Januar in der fraglichen Zeit Richtungen aus SW und allerdings gerade geringen absoluten Betrag, im Februar Richtung aus NW, wie auch schon zu Anfang des Monats, wo kein Temperaturrückgang zu verzeichnen war. Der einzige Anhaltspunkt ist beide Male eine Zunahme der Hochdruckgebiete im N und NO, die eine Umkehr der W–O-Komponente des Vektordiagramms bewirken. Neben östlichen Winden scheint hier auch vor allen Dingen noch die nächtliche Ausstrahlung in den Hochdruckgebieten an niedrigen Temperaturen beteiligt zu sein.

März. Dasselbe gilt von den Kälterückfällen Anfang und Mitte März. Der Kälterückfall in der III. Märzpentade zeigt sich (Tafel I) nur an den Temperaturkurven von Berlin und Greenwich, schwach angedeutet auch in Breslau, während man am Ende der II. Dekade bereits eine bedeutendere Erscheinung hat, die sich an den Kurven von Upsala, Helsingfors, Greenwich, Berlin, Breslau, Wien, Lemberg, Arcachon und Uman zeigt, und zwar tritt das Minimum von Nord nach Süd immer später ein. Die Stationen im Inneren Rußlands, Wologda und Pensa, bekommen von dieser Störung nichts ab. Nähere Einzelheiten lassen sich nicht sicher erkennen. Das Einzige, was man aus den Wetterkarten ersehen kann, ist eine

Zunahme der Hochdruckgebiete im Norden, vielleicht Ausläufer des Sibirischen Maximums. Dies erklärt auch die Umkehr der W–O-Komponente in dem Vektordiagramm. Auch die S–N-Komponente kehrt auf kurze Zeit ihre Richtung um, was auf eine Zunahme der Hochdruckgebiete im Westen zurückzuführen ist. Jedoch der resultierende Vektor behält seine südwestliche Richtung bei. Allerdings hat derselbe gerade am Ende der II. Dekade, vom 18. bis 23. März, geringe absolute Beträge, so daß also Zentraleuropa gerade in einer Zone liegt, für die sich alle Gegensätze so ziemlich aufheben. Man möchte vielleicht vermuten, daß Einzelerscheinungen ihren Einfluß zu stark haben zur Geltung bringen können. Im Gegensatz dazu würde z. B. ein besonders kräftiger Temperaturgradient, der etwa in klimatologischen Eigentümlichkeiten des Kontinents seine Ursache haben könnte, eine stabile Druckverteilung herbeiführen, wodurch irgendwelche herannahende Störungen beseitigt oder gezwungen würden, ihre Bahnen soweit zu verlegen, daß ihr Einfluß sich nicht mehr bis in das fragliche Gebiet erstreckte.

April. Nach einem steilen Temperaturanstieg im Südosten erfolgt Anfang April ein neuer Rückschlag, der sich aber nur in den Kurven von Berlin, Breslau, Wien und Lemberg ausprägt. Der betreffende Streifen ist also ziemlich schmal und verläuft von Nordwesten nach Südosten. Die Vektoren der Luftbewegung zeigen dieses Mal ein deutliches Einbiegen in nordwestliche Richtungen vom 30. März bis zum 8. April, was im wesentlichen bewirkt wird durch Richtungsumkehr der vom Gegensatz West–Ost herrührenden S–N-Komponente des Diagramms.

Ein Maximum der O–W-Strömung am 4. April hat keinen merklichen Einfluß mehr; denn bereits am 2. beginnt in Berlin wieder der Temperaturanstieg, während diese O–W-Luftströmungen den ganzen April hindurch bestehen bleiben und auch in den folgenden Sommermonaten stets überwiegen. (In Tabelle II haben wir in der Kolumne unter N–S im April, Mai und Juni meist negative Zahlenwerte!)

Ein starker Knick findet sich Mitte April besonders in den Temperaturkurven der nordöstlichen, östlichen und südöstlichen Stationen, wie Upsala, Helsingfors, Wologda, Lemberg, Uman und auch Arcachon und Greenwich, dagegen nur schwach macht sich die Erscheinung in Berlin bemerkbar. Die Vektoren zeigen zu

dieser Zeit auffallend kleinen Betrag und alle möglichen Richtungen. Die einzig plausible Erklärung ist wohl die, daß sich das Hoch im Westen (was die Häufigkeitskurven auf Tafel III am 1. April andeuten), nach dem Kontinent, etwa Deutschland und Frankreich verlagert hat, was seine Ursache vielleicht mit in dem Kälterückfall Anfang April haben dürfte; denn da wurde ja viel kalte Luft gerade in diese Gegenden geschafft, wo dieselbe nur einen Druckanstieg bewirken konnte.

Hinzuzufügen ist noch, daß sich dieser Kälterückfall in Rußland von Norden nach Süden mit merkbarer Geschwindigkeit fortpflanzt, was man an den Eintrittsdaten der Minimaltemperatur konstatieren kann. Der Temperaturrückgang in Greenwich und Arcachon dürfte wohl mit dieser Erscheinung im Osten nicht zusammenhängen.

Dieser Kälterückfall in Rußland begünstigt hier die Ausbildung eines Hochdruckgebietes, während gleichzeitig der am 22. April einsetzende Lufttransport aus Osten bzw. dem warmen Südosten nach Nordwesten und Westen auf dem Meere eine Druckerniedrigung bewirkt. Hoch im Osten, Tief auf den westlichen Meeren leiten dann einen starken Luftaustausch von Süd nach Nord ein, der seinerseits eine abnorm starke Erwärmung in unseren Gegenden (vgl. die Temperaturkurven) herbeiführt und auch mit zum Sinken des Luftdrucks im Norden beiträgt (vgl. die Häufigkeitskurve auf Tafel III), worauf der resultierende Vektor sogar in die Richtung SSW ⟶ NNO rückt.

Mai. Bei Betrachtung der Häufigkeitskurve (Tafel III) für den Nordoktanten erkennt man deutlich ein Maximum im Januar, sodann ein stetiges Abnehmen bis zum Minimum Mitte Mai und von da ab wieder Zunahme, also eine ausgesprochen jährliche Periode, die mit dem jährlichen Wärmegange im Zusammenhange stehen wird. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint das Tief im Norden (vgl. Tafel III), das mit durch Lufttransport zu erklären war, als eine Störung des Druck- und Temperaturgleichgewichts, das zu jener Zeit gerade hohen Druck im Norden fordert. Daher auch macht sich bereits wieder am 3. Mai eine starke Zunahme der vom Gegensatz Nord–Süd herrührenden O–W-Komponente unseres Vektordiagramms bemerkbar. Der Zielpunkt der Luftströmung wird dadurch nach Nordwesten verschoben, von da weiter durch die NW–SO-Komponente in den Westoktanten gedrängt, und

die Umkehr der S–N- und weiteres Anwachsen der NW–SO-Komponente bewirkt schließlich eine Verlagerung nach Südwesten, Süden und schließlich nach Südosten am 16. und 17. Mai.

Der zugehörige Kälterückfall findet sich in verschiedenen Temperaturkurven. Skudesnäs zeigt einen Temperaturrückgang in der III. Maipentade, Greenwich und Arcachon in der IV. Pentade, Berlin und Breslau erst am Ende der II. Dekade. Vorher in der II. Maipentade erleidet Rußland einen starken Kälterückfall, und zwar erfolgt der Einbruch der Kältewelle wieder von Norden her, wie es sich in den Minimumsdaten ausspricht. Minimum zu Mesen am 7. und 8., Wologda 8. und 9., Pensa 9., Lemberg am 12., Uman am 13. Mai.

In der III. Maipentade bleibt Norddeutschland von Kälteeinbrüchen verschont, so daß man, ich will vorläufig noch hinzufügen für den zugrunde liegenden 20jährigen Zeitraum, den üblen Ruf der Eismänner für Norddeutschland als unverdient bezeichnen muß.

Immerhin sind die Eisheiligen ja nicht allein in Deutschland gefürchtet, sondern man kennt auch in Frankreich „saints de glace“ und in Ungarn und Siebenbürgen die „gestrengen Herrn“, und in diesem letzteren Gebiet macht sich ja allerdings noch der Kälteeinbruch über Rußland in der II. und III. Pentade bemerkbar, von dem auch östliche Gebietsteile Deutschlands (vgl. Temperatur von Breslau) noch etwas abbekommen. Es wird im folgenden nochmals von diesen Kälterückfällen im Mai die Rede sein.

Juni. Die Häufigkeitskurve für den Nordwesten (Tafel III) zeigt deutlich eine Tendenz zu Hochdruckgebieten gegen Ende Mai und Anfang Juni, indem der Tiefdrucküberschuß von Anfang April an in diesem Oktanten ständig abnimmt. Dies bewirkt zusammen mit der langsamen Druckabnahme im Südosten eine Zunahme der Luftströmungen aus Nordosten, wie das die Vektoren zeigen.

Übrigens bietet sich jetzt Gelegenheit, die Brauchbarkeit dieser Vektoren zu prüfen durch Vergleich mit den Isobarenkarten, die Marten (s. o.) für die sechs Junipentaden entworfen hat.

Dort findet man in der Tat in der I. Junipentade ein Hoch bei Island, das nur seinen Einfluß auf Mitteleuropa noch nicht ganz zur Geltung bringen kann, wegen eines Tiefdruckzipfels der nordatlantischen Zyklone, der bis in die Nordsee reicht. Diesem Gebiet niedrigen Luftdrucks entsprechen im Einzelfalle Tiefdruck-

gebiete im Westen und Nordwesten, die sich in den Häufigkeitskurven dieser zwei Oktanten durch Maxima am 31. Mai und 1. Juni bemerkbar machen. Diese unterstützen noch durch südliche und südwestliche Winde (vgl. die Vektoren) die ohnehin wegen der starken Insolation schnelle Erwärmung von Mittel- und Westeuropa, wobei ich auf den besonders steilen Anstieg in den Temperaturkurven von Greenwich, Berlin und Breslau hinweisen will, der in der letzten Maidekade einsetzt und bis zum 3. oder 4. Juni andauert. Diese Depressionen ziehen dann im allgemeinen über Dänemark und Südschweden, etwa auf den Zugstraßen III und IV nach Osten, wo sie sich mit dem immer stärker ausprägenden russischen Tiefdruckgebiet vereinigen und dabei vielleicht auch die völlige Drehung der Vektoren vom 1. bis 4. Juni bewirken.

Auf der Rückseite dieser Tiefdruckgebiete haben wir infolge der kalten Rückseitenströmung Druckanstieg, das Tiefdruckgebiet im Westen weicht zurück und das nordwestliche Hoch kommt zur Geltung, der Südnordvektor kehrt schnell seine Richtung um, wodurch der resultierende Vektor die Richtung NO–SW bekommt, und zwar erreicht die Luftbewegung jetzt eine erhebliche Stärke, da die Gegensätze W–O und NW–SO im gleichen Sinne wirken. Dieser starke Lufttransport aus nordöstlichen Gegenden auf die warmen südwestlichen Meere bewirkt hier mächtigen Druckanstieg, der zunächst zur Folge hat, daß das ständige Hoch im Südwesten sich nach Westen verlagert, denn entsprechend dem Anwachsen des Nordsüdvektors geht der absolute Betrag der NW–SO-Komponente zurück.

Wie verhalten sich nun die Temperaturen? Zunächst ist Ende Mai und Anfang Juni an den Kurven von Mesen, Wologda und Pensa ein Kälteeinbruch in Rußland zu konstatieren. Die Kältewelle bewirkt hier vorübergehend einen Druckanstieg und in einer ganzen Reihe von Fällen kommt es zur Ausbildung eines Hochdruckgebietes, was sich in der ansteigenden Häufigkeitskurve für den Ostquadranten sehr schön durch eine starke Einbuchtung (vom 30. Mai bis 3. Juni) verrät. In dieser Zeit haben die Vektoren gerade die kleinen absoluten Beträge und südwestliche Richtungen. Sobald dann am 4. Juni der starke Lufttransport aus Nordosten einsetzt, gehen auch an den meisten Stationen die Temperaturen zurück. Dabei leisten viele Tiefdruckgebiete im

Norden (am 10. Juni), später im Nordosten (am 12. Juni) gute Vorarbeit, indem sie kalte Luft aus den Polarregionen in Reichweite des maritimen Hochdruckgebiets schaffen.

Vom 10. Juni an beginnt der Vektor NW–SO wieder zu wachsen, was wohl in der Hauptsache auf den Tiefdrucküberschuß im Nordosten zurückzuführen ist (vgl. die Kurve).

Auch Marten bestätigt dies, indem er gerade in der III. Pentade über Lappland ein Tiefdruckgebiet einzeichnet. Bald gewinnt dieser Gegensatz zwischen dem Südwesten und dem Nordosten den stärksten Einfluß auf die Richtung der Resultierenden und drängt die kalten nördlichen Luftströmungen zunächst nach Süden und schließlich in den Südosten. Der lebhafte Luftaustausch zwischen Nordwest und Südost hat auch einen Druckausgleich zur Folge. Der Tiefdrucküberschuß im Südosten, der in der II. Pentade sein Maximum erreicht, nimmt ab, der Betrag des Vektors NO–SW geht zurück. Im Laufe der III. Pentade beginnt bereits wieder ein langsamer Temperaturanstieg in allen von diesem Kälterückfall betroffenen Gebieten.

Hiermit kann ich diese Diskussion der Temperaturkurven und der Vektordiagramme vorläufig abbrechen und will nun versuchen, einige Anhaltspunkte zur Beurteilung der Ursachen dieser Kälterückfälle zu gewinnen.

Ursachen der Kälterückfälle.

Die nächstliegende Vermutung wäre wohl die, daß die Kälterückfälle letzten Endes ihre Ursache in der verschiedenartigen Erwärmung des europäischen Kontinents und der ihn begrenzenden Meere haben. Will man versuchen, Einzelheiten bei diesem Vorgange auf die Spur zu kommen, so wird man bei der zerissenen Gestalt Europas von vornherein auf sehr komplizierte Verhältnisse gefaßt sein müssen, da ja angrenzende Wasserflächen stets großen Einfluß auf Temperatur- und Druckverteilung über einem Kontinent haben.

Als solche störenden Faktoren kommen vor allen Dingen die Ostsee und das Schwarze Meer in Betracht und ebenso natürlich die Halbinseln und Inseln, wie Skandinavien, England und der Balkan. Der Einfluß des Mittelmeeres kann sich bei uns nicht

so sehr geltend machen wegen des hohen Alpenwalles, der andererseits wieder Italien vor kalten nördlichen Luftströmungen schützt. Deshalb ist auch z. B. in den Vektordiagrammen die Ost-Westkomponente, die den Einfluß des Druckgegensatzes zwischen Nord- und Südoktanten darstellen soll, mit Vorsicht zu bewerten. Der Südoktant, d. h. das Mittelmeergebiet, hat fast im ganzen Jahr, vor allem im Frühling und Sommer großen Tiefdrucküberschuß, der den Einfluß des Nordens vielfach verdeckt und nicht in seinem vollen Umfange in den Vektoren zur Geltung kommen läßt. Man sieht aus den Isobarenkarten, daß dieser Tiefdrucküberschuß herrührt von zahlreichen, kleinen, unbedeutenden Tiefdruckgebieten, die wegen der Alpen für Mitteleuropa gar keine Bedeutung haben.

Es ist einleuchtend, daß bei derartig verwickelten Verhältnissen, die bereits oben ausgesprochene Vermutung über die Ursachen der Kälterückfälle sich nicht absolut einwandfrei wird bestätigen lassen. Das einzig Denkbare wäre ja die Zeichnung von Isobaren- und Isothermenkarten auf Grund des Beobachtungsmaterials aus demselben größeren Zeitraum und für möglichst kleine Intervalle, wie es ja Marten bereits für den Juni durchgeführt hat. Zur Erklärung der weniger hervortretenden Erscheinungen in den anderen Monaten würde allerdings ein so kleiner Zeitraum von 10 Jahren, wie ihn Marten verwenden konnte, sicher nicht ausreichen und könnte uns zu unsicheren Schlüssen veranlassen. Ich will nur darauf hinweisen, daß nach Marten der Junikälterückfall in die III. und IV. Pentade zu legen ist, während nach dem hier vorliegenden Material derselbe bereits am 4. Juni beginnt und Anfang der II. Dekade das Minimum erreicht wird [1]). Übrigens ist dieser kleinen Abweichung keine Bedeutung beizulegen.

Wollte man, wie oben angedeutet, Isobaren- und Isothermenkarten entwerfen, so müßte das Beobachtungsgebiet so groß gewählt werden, daß die zur Wirkung kommenden Druckzentren ganz im Beobachtungskreis lägen, so daß man auch sehen kann, was auf der von uns abgewandten Seite der Druckgebiete vorgeht. Dann könnte man wohl den Verlauf der Erscheinung richtig beurteilen und auf ihre Ursachen schließen. — Es sind dies übrigens dieselben Forderungen, die noch für eine sicherere Wetterprognose

[1]) Vgl. Rudel, Juni-Kälterückfälle. Wetter 1913.

zu erfüllen sind, wo man ja auch darauf angewiesen ist, aus Windrichtung und -stärke unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Temperaturverteilung auf die mutmaßlichen Druckumlagerungen zu schließen, wie ich des Näheren vielleicht in einem anderen Aufsatze hoffe darlegen zu können. —

Zu einer derartigen mühseligen Arbeit reicht aber auch wohl das Beobachtungsmaterial, vor allem auf den Ozeanen und in den Polargegenden, noch nicht aus. Man wird sich also vorläufig noch darauf beschränken müssen, nur für die markantesten Erscheinungen einmal alles vorhandene Material zu einer plausiblen Erklärung zusammen zu stellen.

Mitteleuropa liegt gerade im Randgebiet der nordatlantischen und der asiatischen Aktionszentren. Je nach der Jahreszeit lösen sich die in Betracht kommenden 4 Druckgebiete in ihrem Einfluß auf unser Klima ab. Im Sommer sind hauptsächlich das Azorenmaximum und das asiatische Tief maßgebend für den Witterungscharakter, im Winter die nordatlantische Zyklone und das sibirische Maximum. Die Lage und Ausbildung dieser Druckgebiete wird ja wesentlich durch die verschieden starke Erwärmung der Kontinente und Meere bedingt.

Das subtropische Hoch, das nach Ferrel durch Anstauung der vom Wärmeäquator in der Höhe abfließenden Luft bewirkt wird, erscheint im Winter über dem Nordatlantik als ein langgezogener Hochdruckrücken. Nach den Isobarenkarten von Teisserenc de Bort[1]) möchte man dasselbe im Winter fast als einen durch das Mittelmeer abgeschnittenen Zipfel des asiatischen Maximums ansehen, der die Brücke nach dem nordamerikanischen Maximum bildet. Im Sommer dagegen ist das Azorenmaximum ein absolut selbständiges Gebilde, das die den ganzen Nordatlantik beherrschende Erscheinung darstellt.

Zur weiteren Erklärung sei die folgende kleine Tabelle zusammengestellt, deren Zahlenwerte aus den Isonomalenkarten für die Temperatur von Teisserenc de Bort und Wild entnommen sind.

---

[1]) Die im folgenden mehrfach zitierten Isobaren- und Isothermenkarten finden sich, soweit das betreffende Werk nicht besonders angegeben wird, alle zusammengestellt in Les Bases de la Météorologie dynamique par Hildebrand Hildebrandsson und Teisserenc de Bort. Paris 1907.

Tabelle IV.

	Temperaturanomalie im			Temperaturanomalie im	
	Januar	Juli		Januar	Juli
Azoren	10	− 4	Island	+ 20	0
Sahara	− 4	+ 10	Finnland . . .	+ 8	+ 6
Amerika	− 4	+ 10	Lappland . . .		
Spanien	8	6	Baffinsbay . . .	− 12	4

Das durch den Golfstrom geheizte Islandminimum prägt sich entsprechend derartig großen Temperaturverschiedenheiten im Winter sehr stark aus und tritt im Sommer fast ganz zurück, so daß auf vielen Isobarenkarten des Juli gar kein bestimmter Tiefdruckkern eingezeichnet ist. Die Druckschwankung bei Island ist viel beträchtlicher, etwa 2- bis 3mal so groß, als über den Azoren, was seine ausreichende Erklärung in der relativen Wärme des Isländischen Meeres gegen die im nördlichen Winter stark erkaltenden umliegenden Landmassen findet. Das Stärkerwerden der sogenannten „allgemeinen Zirkulation“ vom Sommer zum Winter ist also allein schon durch thermische Gegensätze plausibel zu machen; denn in den Sommermonaten haben wir ein Hoch als Vertreter der allgemeinen Zirkulation, in den Wintermonaten dagegen ein Tief, das infolge der Golfstromwärme eine relativ stärkere Ausbildung zeigen muß.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir versuchen, einen etwas tieferen Einblick in die Veränderungen zu gewinnen, die die Aktionszentren im Laufe des Jahres erfahren und werden dazu den Gesamtverlauf der Häufigkeitskurven an Hand des an verschiedenen Stellen veröffentlichten klimatologischen Kartenmaterials etwas näher diskutieren.

Im Winter steht Mitteleuropa unter dem Einfluß des Islandminimums, dem auf dem Balkan ein Ausläufer des sibirischen Maximums gegenüberliegt. Der Nordwesten hat im Januar, Februar und März sehr viel Tiefdrucküberschuß, desgleichen auch gegen Ende Januar der Nord- und Nordostoktant. Ende Januar erreicht der östliche Teil der nordatlantischen Zyklone seine stärkste Ausbildung. Um den weiteren Verlauf der Häufigkeitskurven zu ver-

stehen, ziehen wir die Isothermen- und Isonomalenkarten von Wild[1]) als Unterlage mit heran.

Während nach den Isobarenkarten des Januars Lappland noch im Bereich des nordöstlichen Teiles der nordatlantischen Zyklone liegt, erscheint in den Isothermenkarten hier doch eine deutlich ausgeprägte Kälteinsel; also steht über Lappland eine gewisse Tendenz zu Hochdruckgebieten zu erwarten. Diese Verhältnisse erfahren bis März keine nennenswerte Veränderung. Auch April noch bleibt diese Kälteinsel bestehen, verschwindet dann aber schnell, und im Mai kommt es über Finnland bereits zur Ausbildung eines wärmeren Gebietes mit geschlossenen Isothermen. Die Ostsee bleibt in der Erwärmung bereits zurück, und die Isothermen erfahren darüber Ausbuchtungen nach Süden. Dasselbe gilt dann auch für die folgenden Sommermonate, wo Finnland und Südschweden ausgesprochene Wärmezentra aufweisen. Hiernach ist eine Deutung des Verlaufes der Häufigkeitskurve für den Nordosten nicht mehr schwierig. Vom Januar bis Mai schwankt dieselbe um die Nullinie hin und her (siehe Tafel III). Der Tiefdrucküberschuß Ende Januar ist auf dieselbe Ursache zurückzuführen, wie das gleichzeitige Maximum der Kurve für den benachbarten Nordoktanten, das bereits mit dem nordatlantischen Minimum in Zusammenhang gebracht wurde. Das Gebiet von Lappland und Finnland liegt auch noch in den folgenden Monaten im Bereich des atlantischen Tiefs. Trotzdem bietet dieses Gebiet bei zunehmendem Druck auf den Ozean wegen seiner oben beschriebenen Temperaturverhältnisse für ein Vordringen eines Ausläufers des sibirischen oder eines selbständigen Maximums günstige Vorbedingungen. Aufs Konto derartiger Hochdruckgebiete über Finnland, Lappland und Skandinavien sind die Kälterückfälle im Januar, Februar, März und zum Teil auch noch die Kälterückfälle im April zu setzen.

Der Kälteeinbruch über Rußland in der ersten Hälfte des Mai, der, wie wir sahen, auch Teile von Deutschland und Österreich mit betrifft, wird wohl schon durch die in Entwickelung begriffene asiatische Zyklone verursacht. Die 0°-Isotherme rückt von April bis Mai über Asien von 45° Breite bis zum nördlichen Polarkreis

---

[1]) H. Wild, Die Temperaturverhältnisse des Russischen Reiches. Rep. d. Meteorologie, St. Petersburg 1883. Atlas neu herausgegeben von Rykatchew 1906.

hinauf, ein Zeichen der enorm schnellen Erwärmung. Zudem haben Berlin und das noch etwas nördlicher und 150 m höher liegende Pensa am 3. Mai dieselbe Temperatur; Osteuropa ist also bereits wärmer als die westlichen Küstenländer. Die hohe positive Anomalie über Ungarn allein wäre nicht imstande, diesen mächtigen Kälteeinbruch über so weite Entfernungen hin einzuleiten, obwohl sie die Erscheinung sicher noch unterstützt und verstärkt. Die Kältewelle kommt ja, wie bereits auseinandergesetzt wurde, von Norden herunter, da alle russischen Stationen: Mesen, Wologda, Pensa, Uman und auch Lemberg diese Störung zeigen. Das Ganze ist weiter nichts, wie die Rückseitenströmung der asiatischen Zyklone, die die stark erwärmten Teile von Osteuropa mit in ihren Machtbereich zieht. Als Reservoir, aus dem dieser Kälterückfall gespeist wird, ist ein Hochdruckgebiet über dem nördlichen Eismeer anzusehen, das sich dort in den Karten von Wild durch negative Temperaturanomalien andeutet. Dieses Hoch entsendet mit der Kältewelle einen Ausläufer nach Finnland und Nordrußland.

Kälterückfall in Mesen	Minimum	8. Mai
„ „ Wologda	„	8. und 9. Mai
Hochdrucküberschuß im Nordostoktanten . .	Maximum vom	8. bis 10. Mai.

Nachdem wir bisher nur die Veränderungen im Norden und Osten etwas näher betrachtet haben, wollen wir nun auch versuchen über die Druck- und Temperaturverhältnisse im Westen etwas mehr Klarheit zu bekommen.

Die Häufigkeitskurve für den Westoktanten zeigt die meisten größeren Schwankungen. Das kommt daher, daß das in Frage stehende Gebiet gerade in der Grenzzone zwischen den zwei atlantischen Aktionszentren liegt. Es macht hier bald das nördliche Tief, bald das Azorenmaximum seinen Einfluß geltend, und der Lufttransport spielt bei diesen Druckverschiebungen mit die Hauptrolle. Kalte Rückseitenströmungen nördlich vorüberziehender Zyklonen bewirken Druckanstieg und entweder reicht dann vom Hochdruckgebiet über den Polarregionen ein Ausläufer bis in die Nordsee herunter, oder das Azorenmaximum macht einen Vorstoß nach Norden. Warme kontinentale Winde bewirken im Frühling, z. B. Mitte und Ende April, Ende Mai Zunahme des Tiefdrucküberschusses. Auch die Erwärmung der dem Kontinent vorgelagerten britischen Inseln macht sich in den Häufigkeitskurven

bemerkbar, so z. B. in dem Tiefdrucküberschuß im August, der, wie eine Durchsicht der Wetterkarten erkennen läßt, durch zahlreiche kleine Tiefdruckgebiete über diesen Inseln bedingt wird.

Die Häufigkeitskurve für den angrenzenden Nordwesten, wo fast im ganzen Jahr die Tiefs bedeutend überwiegen, senkt sich im April und Mai und deutet Anfang Juni einen schwachen Hochdrucküberschuß an, um dann aber im Juli sofort wieder emporzuschnellen. Auch der Gesamtverlauf der Nordkurve ist ein ähnlicher.

Diese Abnahme des Tiefdrucküberschusses im Mai und Juni läßt sich leicht auf thermische Ursachen zurückführen. Die Erwärmung von Skandinavien, Dänemark, Deutschland und der englischen Inseln läßt die Nordsee als relativ kühles Gebiet erscheinen mit Neigung zu höherem Druck, was sich in dem häufigen Auftauchen eines Hochdruckgebietes über diesen nordwestlichen Meeren gerade zurzeit der Eisheiligen und in der ersten Junidekade bemerkbar macht. Das Hoch Anfang Juni findet man ja auch, wie bereits erwähnt, auf den Isobarenkarten von Marten.

Auch die Wanderung der Isothermen im Frühling, wie sie Hildebrandsson[1]) zur Darstellung bringt, steht hiermit im Einklang. Die 9°-Isotherme verläuft in der ersten Hälfte des Mai ungefähr parallel den Breitenkreisen, erfährt aber über Skandinavien und Dänemark starke Ausbuchtung nach Norden. Diese Temperaturunterschiede verstärken sich noch weiter zum Juni hin, wie man dann am Verlauf der 12°-Isotherme sehr schön verfolgen kann.

Die Umkehr des thermischen Gegensatzes von Festland und Meer veranschaulichen auch in sehr instruktiver Weise die Karten der Monatsisothermen für Frankreich, die Angot[2]) veröffentlicht hat. Im Januar laufen die Isothermen den Konturen des Kontinents parallel. Im März hat der Temperaturgradient im Inneren Frankreichs ja zwar schon annähernd nordsüdliche Richtung, doch biegen die Isothermen an den Küsten noch mit einem scharfen Knick in nordwestliche Richtungen ein. Das Meer ist noch wärmer als die in gleicher Breite liegenden Landmassen. Der April ist der eigentliche Übergangsmonat von der kalten zur warmen Jahreszeit. Die Biskayasee ist jetzt bereits etwas kühler als das südliche Frankreich. Die 10°-Isotherme verläuft annähernd

---

[1]) Hildebrand Hildebrandsson, Marche des isothermes dans le Nord de l'Europe, Acta soc. scient. Upsala 1880.

[2]) Annales du Bureau météorologique de France 1903. Memoires.

parallel zu den Breitenkreisen und tritt in der Höhe der Normandie ohne Richtungsänderung aufs Meer hinaus. Im Mai haben wir bereits im ganzen Kartengebiet die für die warme Jahreszeit charakteristische Temperaturverteilung; auch Südengland ist schon wärmer als das Meer und von der 10°-Isotherme erscheint nur noch eine starke Ausbuchtung nach Süden über der Nordsee. Dieses Bild ändert sich nicht mehr wesentlich im Juni und Juli, nur die Temperaturen gehen noch weiter in die Höhe. Die Nordsee ist also schon im Mai kälteres Gebiet mit Tendenz zu höherem Luftdruck, was in den Vektordiagrammen die Umkehr der Süd-Nordkomponente bewirkt und für Mittel- und Westeuropa vielfach kalte nördliche Winde in der zweiten Maidekade zur Folge hat. Daß sich dies nicht so deutlich in den Temperaturkurven ausprägt, liegt eben daran, daß die wirkenden thermischen Kräfte noch nicht sehr stark sind.

Der Sommermonsun.

Seit Anfang bzw. Mitte Mai macht sich im Osten und Nordosten eine Zunahme des Tiefdrucküberschusses bemerkbar, der Südosten zeigt dasselbe bereits seit Anfang April. Es bedarf eigentlich nur eines Hinweises auf die Temperaturkurven von Pensa und Wologda, um die thermischen Ursachen dieser Druckabnahme zu erkennen. Beide Kurven zeigen im Vergleich zur Berliner Kurve wenig Schwankungen, und es fällt sofort der enorm steile und, abgesehen von der Störung im Mai, sehr gleichmäßige Temperaturanstieg bis zur letzten Maidekade auf. Das Hoch im Nordwesten, das Anfang Juni durch ein Tief nach Norden abgedrängt war, macht sich in der zweiten Pentade bereits wieder geltend und führt zusammen mit den ständigen Tiefdruckgebieten über Finnland und Rußland zunächst starke nordöstliche Luftströmungen herbei. Der Transport dieser kühleren Luftmassen auf die westlichen Meere leitet eine Verlagerung des in dieser Zeit stark ausgeprägten Azorenmaximums nach Norden ein. Dieses Vordringen wird noch sehr begünstigt durch den Umstand, daß die Biskayasee gegen das südliche Frankreich relativ sehr kühl bleibt nnd hier im Südwesten zu sehr hohen Temperaturgradienten Veranlassung gibt (vgl. die Monatsisothermen des Juni und Juli für Frankreich. Annalen 1903). Die zuletzt beschriebene Drucklagerung kennzeichnet den eigentlichen Beginn des Kälterückfalles

im Juni, für den also als Ursache in Betracht kommen: Luftauflockerung und Druckabnahme im Nordosten, Osten und Südosten Europas wegen der starken Erwärmung gegenüber dem Atlantischen Ozean, starke Temperaturgradienten im Südwesten und, als beschleunigendes Moment, auch der Lufttransport aus Nordosten nach Südwesten und Westen. Daß die Erscheinung einen so großen Umfang annimmt liegt daran, daß das Azorenmaximum und das russische Tiefdruckgebiet sich verstärkt und ihre Einflußsphäre soweit erweitert haben, daß sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen zum Unterschied von den Kälterückfällen im Mai, die jetzt als schwacher Vorversuch zu diesem großartigen Experiment der Natur erscheinen.

Jedoch es lassen sich ohne Mühe noch weitere Unterschiede gegen die früheren Kälterückfälle feststellen. Betrachten wir z. B. nochmals die Vektordiagramme. Der absolute Betrag der Strömungsvektoren wächst bei Beginn des Kälterückfalles im Juni ganz plötzlich zu einem Werte an, wie er vordem nur im Januar erreicht wurde, und diese hohen Werte werden beibehalten bis zum Beginn der zweiten Septemberdekade. Beim Kälterückfall Mitte Mai biegt der Strömungsvektor allmählich in die Richtung NW–SO ein und wird dann bald wieder in andere Richtungen gedrängt. Nachdem die Vektoren im Juni dann abermals in die Richtung NO–SW, dann NW–SO und W–O einbiegen, werden sie, abgesehen von kleinen Schwankungen, nicht wieder aus diesen Richtungen verdrängt und verbleiben darin ebenfalls bis zum Beginn der zweiten Septemberdekade, wo offenbar die starke richtende Kraft plötzlich aufhört zu wirken. Am Ende der zweiten Septemberdekade weisen die Strömungspfeile nach Norden. Hierzu möge noch die bereits anderweitig festgestellte Tatsache angeführt werden, daß ja gerade in den fraglichen Sommermonaten die bei uns sonst vorherrschenden Südwestwinde gegen Winde von den westlichen und nordwestlichen Meeren zurücktreten [1]).

Betrachtet man ferner den Gesamtverlauf der Temperaturkurve für Berlin, so kommt man in Versuchung, eine ideale Kurve zu zeichnen, die auf Tafel I auch punktiert angedeutet ist. Man hat den Eindruck, als ob die Kuppe der Temperaturkurve vom 4. Juni bis Anfang September um etwa 2° abgeruscht sei. Der Kälte-

---

[1]) Vgl. z. B. Assmann, Die Winde Deutschlands.

rückfall im Juni ist also keine so kurz dauernde Erscheinung, wie man bisher angenommen hat, sondern stellt nur den Beginn eines viel größeren Phänomens dar, das sich über die ganze heiße Jahreszeit erstreckt. Beachtet man ferner, daß wir im Juli unser Maximum der Regenhäufigkeit und -menge haben, und bereits Hellmann die Ansicht ausgesprochen hat, daß der Kälterückfall im Juni den Beginn unserer Sommerregenzeit darstellt, so wird man kein Bedenken mehr tragen, die ganze Erscheinung als einen Monsun aufzufassen.

Kritische Bemerkungen. Zusammenfassung.

Das dieser Arbeit zugrunde liegende Material ist aus den meteorologischen Beobachtungen der Jahre 1887 bis 1906 gewonnen. Nun sind 20 Jahre für eine klimatologische Untersuchung immerhin noch ein relativ kurzer Zeitraum. Eine zufällige Häufung von Einzelerscheinungen kann sich sehr wohl bemerkbar machen und eventuell zu falschen Schlüssen verleiten. Glücklicherweise bietet sich bequeme Gelegenheit, in dieser Hinsicht eine gewisse Kritik auszuüben. Es sind Temperaturtagesmittel für Berlin an leicht zugänglicher Stelle[1]) aus einem 60 jährigen Zeitraum, für die Jahre 1848 bis 1907, veröffentlicht. Aus diesen Werten wurden gleichfalls fortlaufende Pentadenmittel gebildet und dazu eine Kurve auf Tafel II eingezeichnet. Ein Vergleich der zwei Kurven ergibt folgendes: Die Kälterückfälle im Februar und März finden sich in beiden Kurven, desgleichen die Kälterückfälle Mitte April und in der vierten Maipentade; die beiden letzteren sind allerdings nur schwach angedeutet.

Der Monsun tritt ganz normal auf und drückt die Temperatur der Monate Juni, Juli und August um 1 bis 2^{0} herunter. Auch Beginn und Ende dieser kühlen Periode kennzeichnen beide Kurven gleich deutlich und in ausgezeichneter Übereinstimmung.

Es fehlen in dem längeren Zeitraum erstens der Kälterückfall Anfang April, dem also keine klimatologische Bedeutung zukommt; ferner zeigt sich auch von den Eisheiligen nicht die geringste Spur, und es ist als unwahrscheinlich zu betrachten, daß gerade diese Tage in einem noch längeren Zeitraum wieder einen Tempe-

---

[1]) Hellmann, Das Klima von Berlin. Abhdl. des preuß. met. Instituts, Bd. III.

raturrückgang aufweisen werden. Für die Klimatologie Norddeutschlands haben also die Eismänner, d. h. speziell der 11., 12. und 13. Mai, keine Bedeutung. Dies schließt nicht aus, daß gerade in jener Zeit auf der Rückseite nördlich vorüberziehender Zyklonen Kälteeinbrüche erfolgen können, die wegen der noch bestehenden Nachtfrostgefahr dem jungen Pflanzenwuchs gefährlich werden können.

Zum Schluß mögen jetzt noch einmal kurz die erhaltenen Resultate zusammengestellt werden.

Kälteperioden in Norddeutschland werden in den Wintermonaten durch östliche und nordöstliche Luftströmungen verursacht, wobei jedoch auch die nächtliche Ausstrahlung eine große Rolle spielt. Die Kälterückfälle im April, Mai und Juni sind eine Folge nördlicher und nordwestlicher Luftströmungen, die immer bei einer gewissen charakteristischen Druckverteilung auftreten und ihre Ursache letzten Endes in der verschiedenartigen Erwärmung der Land- und Wasserflächen haben.

In der zweiten und dritten Maipentade erfolgt über Rußland ein Kälteeinbruch von Norden oder Nordosten, der bis zum Schwarzen Meer hin fühlbar ist, und von dem östliche Stationen Deutschlands in der dritten Maipentade etwas abbekommen. Die drei Eisheiligen haben sonst für die Klimatologie Norddeutschlands keine Bedeutung. Während der ganzen zweiten Maidekade schwebt allerdings der Westen in Gefahr eines Kälteeinbruches von der Nordsee her, da gerade in dieser Zeit über den westlichen Meeren häufig Hochdruckgebiete auftreten, die entweder als Ausläufer des Azorenmaximums oder eines Polarenhochdruckgebietes aufzufassen sind, und die dann im Verein mit geeignet liegenden Tiefdruckgebieten gelegentlich Mitteleuropa mit kalten Luftmassen von den nordwestlichen Meeren her überfluten. Letzteres ist sowohl in dem zwanzigjährigen Zeitraum 1887 bis 1906, wie auch in dem sechzigjährigen 1848 bis 1907 besonders häufig am Ende der zweiten Maipentade eingetreten.

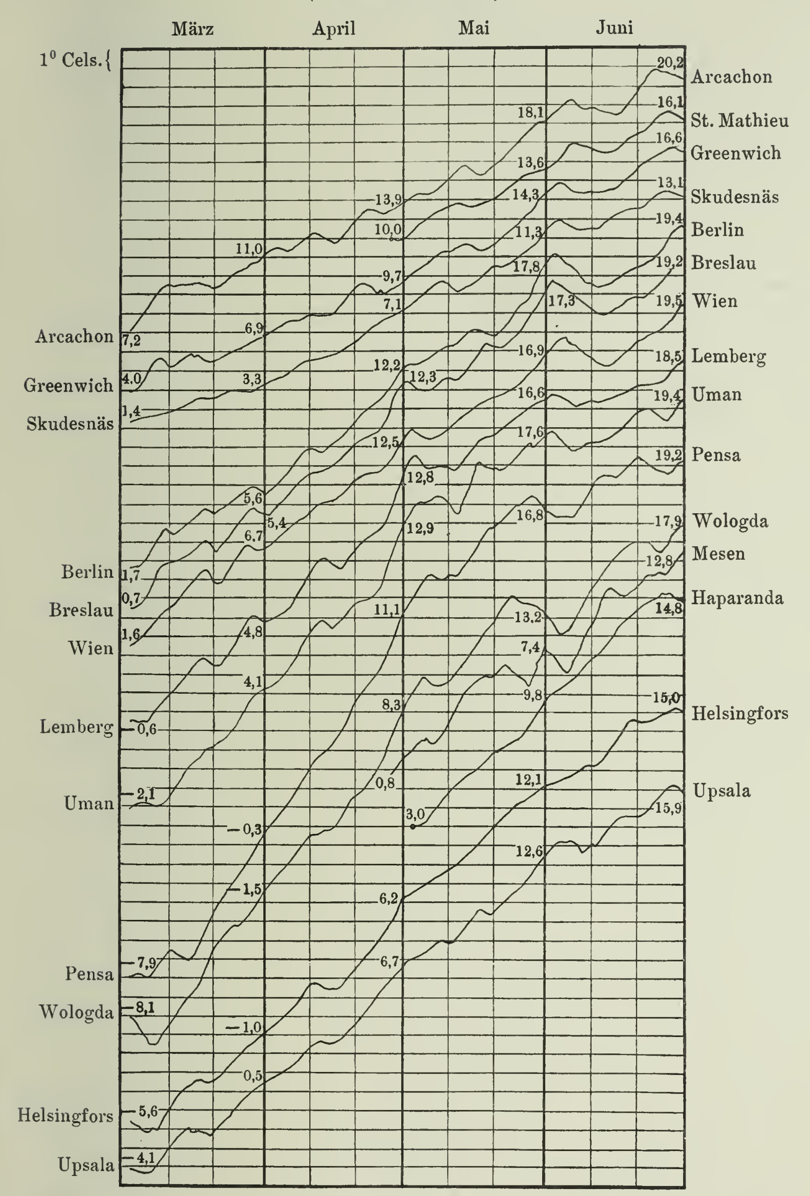
Der Junikälterückfall ist keine so kurzwährende Erscheinung, wie man bisher annahm, sondern stellt nur den Beginn eines größeren Naturphänomens dar, das sich über die Monate Juni, Juli und August erstreckt, und das man wegen seiner Ursachen und Begleiterscheinungen als einen Sommermonsun Mitteleuropas bezeichnen kann.

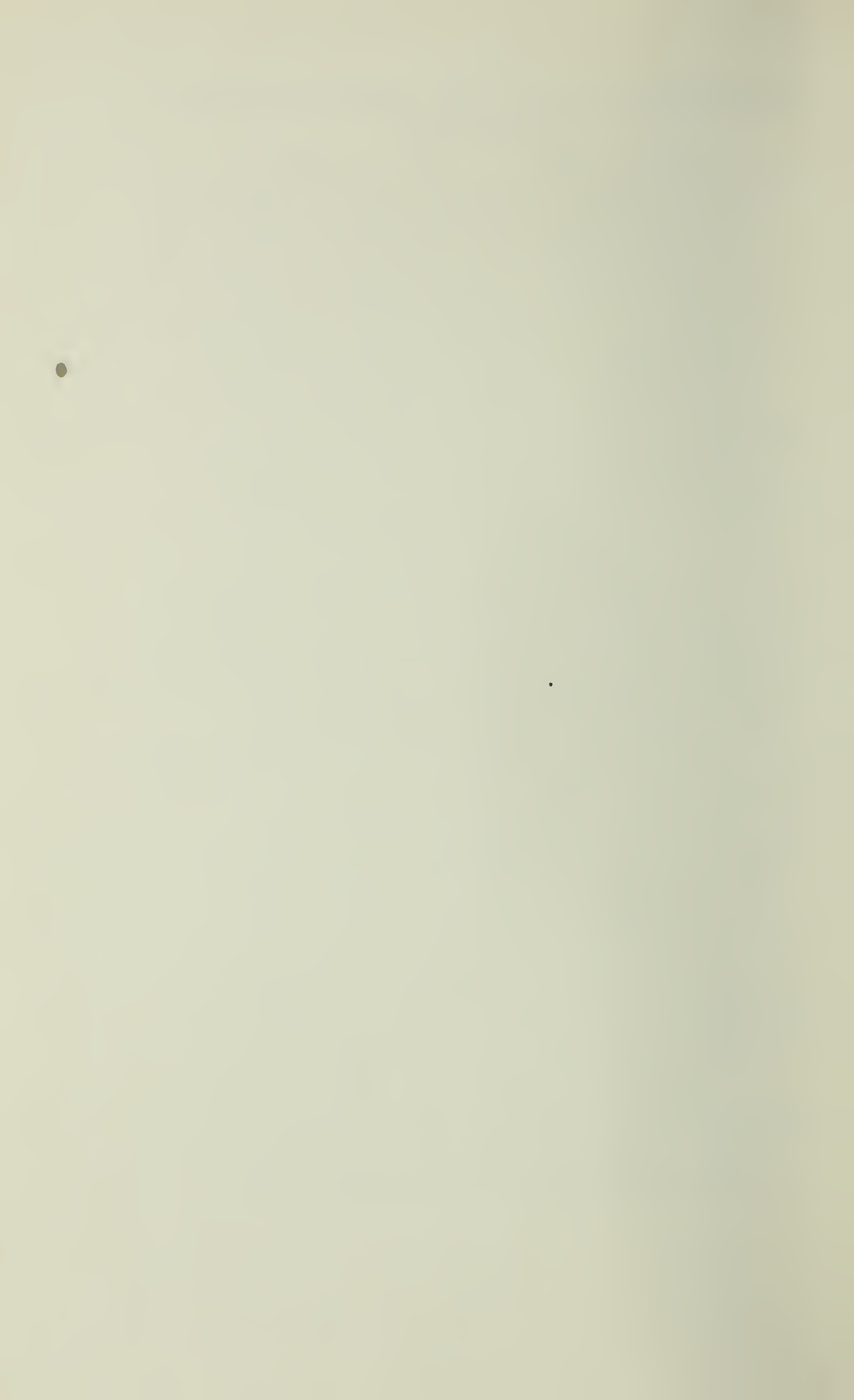
Lebenslauf.

Am 22. Oktober 1891 wurde ich, Karl Friedrich Almstedt, zu Jerxheim (Kr. Helmstedt) geboren. Mein Vater ist der Bahnhofsvorsteher Karl Almstedt zu Braunschweig. Nach mehrfachem Schulwechsel besuchte ich von Michaelis 1903 an das Herzogliche Realgymnasium zu Braunschweig und verließ diese Anstalt Ostern 1909 mit dem Zeugnis der Reife. Ich studierte dann Mathematik, Physik und Chemie in Braunschweig (Technische Hochschule, 3 Semester), München (2 Semester) und seit Michaelis 1911 in Göttingen (4 Semester). Allen meinen verehrten Lehrern, besonders Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Wiechert, der mir die Anregung zu dieser Arbeit gab, spreche ich meinen ehrerbietigsten Dank aus.

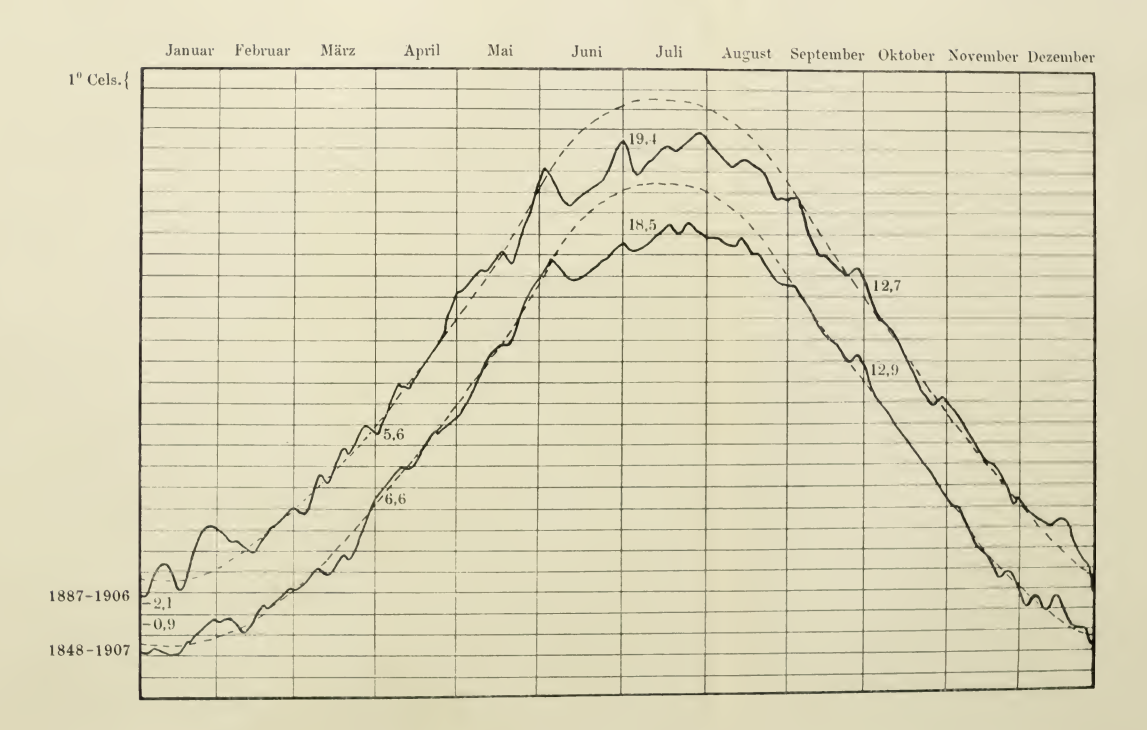
Tafel I.

Temperaturkurven für eine Reihe europäischer Stationen (Pentadenmittel).



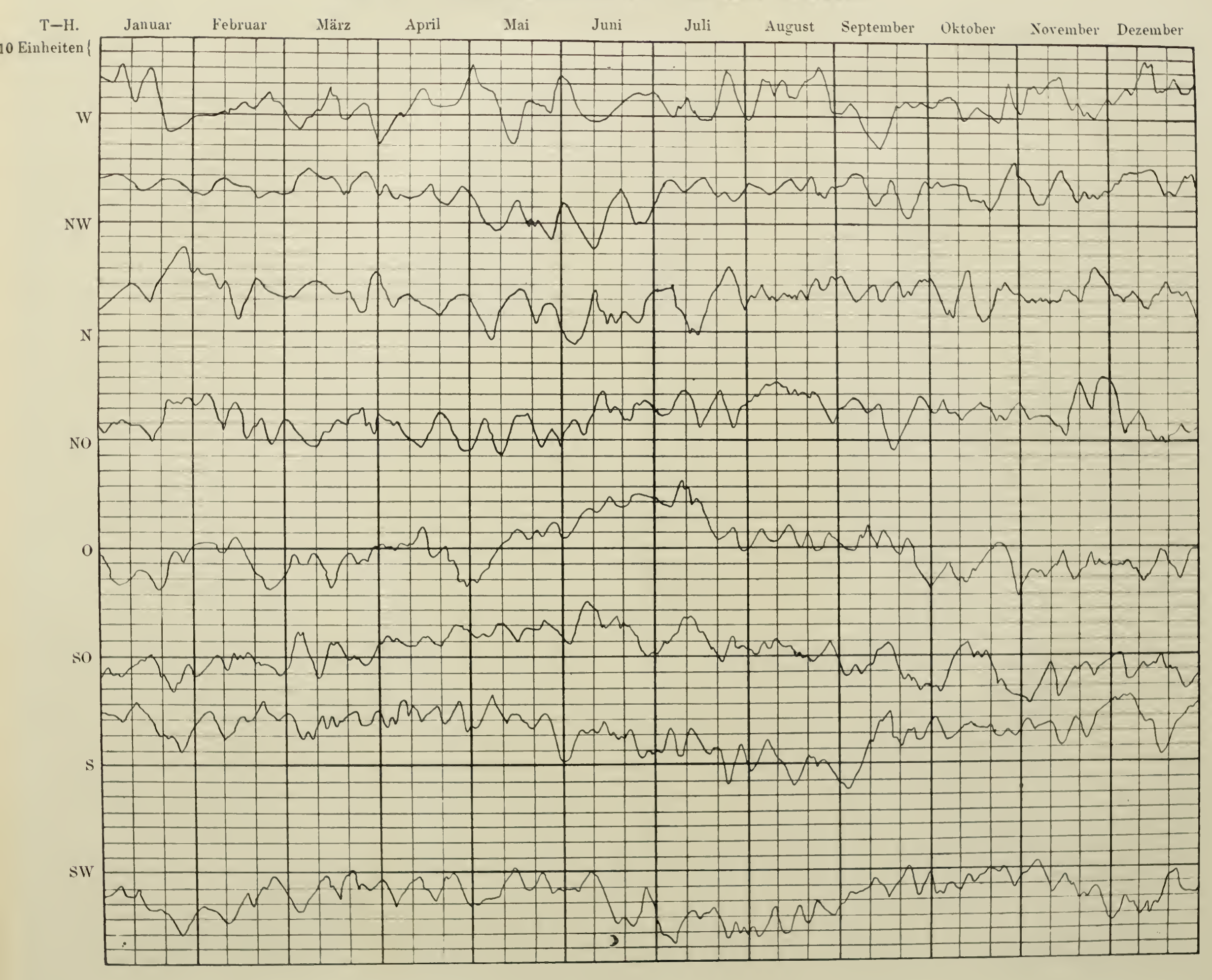


Tafel II. **Temperaturkurven für Berlin (Pentadenmittel).**



T–
10 Einhe

Tafel III. **Tiefdrucküberschuß in den acht Oktanten.**



Tafel IV. **Vektordiagramme.**

Mai

1 3 5 7 9 11 13 15

17 19 21 23 25 27 29 31

Juni

1 3 5 7 9 11 13 15

17 19 21 23 25 27 29

Nord

West — Ost

Süd

Druck von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.